

Markéta LEDNICKÁ¹

**ZOHLEDNĚNÍ POČTU DŮLNĚ INDUKOVANÝCH JEVŮ V SEIZMICKÉM ZATÍŽENÍ
OBJEKTŮ V MAPÁCH STŘETŮ ZÁJMŮ**

**EVALUATION OF MINING INDUCED SEISMIC EVENT AMOUNT IN SEISMIC LOAD OF
STRUCTURES FOR MAPS OF CLASH OF OPINIONS**

Abstract

This contribution presents first results of usage of the methodology presented in Kaláb 2007. The methodology dissert on mining induced seismicity load evaluation of structures for the maps of clash of opinions. Main idea is recalculation of maximum measured values of velocity to take into account number of seismic events and number of intensive seismic events especially. Karviná region is the area selected for the methodology presentation, so the input data of performed measurement in Karviná region were used for the first assessment.

Key words: mining induce seismic event, GIS, seismic load

Úvod

Dynamické zatížení stavebních objektů důlně indukovanou seizmicitou se dá obecně charakterizovat dlouhodobým trváním (až desítky let – v závislosti na délce trvání těžby a doznívání účinků po jejím ukončení) a vysokou četností opakování jevů v čase. Při posuzování stavebních objektů zatížených dynamickými účinky tohoto charakteru můžeme předpokládat, že dochází k postupnému oslabování konstrukcí a stavebních materiálů v průběhu zatížení.

Norma ČSN 73 0040 pro posuzování zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou hodnotí odezvu způsobenou trhacími pracemi stupněm poškození stavebního objektu v závislosti na typu objektu (A-F), jeho základových poměrech (a-c) a parametrech vibrací (maximální naměřené složkové rychlosti kmitání a převládající frekvenci kmitání). Tohoto hodnocení se často používá i pro důlní seizmicitu. Uvedená norma však nezohledňuje výše zmiňovanou skutečnost opakování velkého počtu jevů.

„Mapy střetů“ obecně poskytují rychlou a dobrou informaci o hledaném problému, a to v závislosti na druhu a způsobu zpracování použitých vstupních dat. Pro účely tvorby „map střetů zájmů“ (práce je součástí tvorby tzv. „map střetů zájmů“ v rámci projektu CIDEAS, který je přidělen Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR, např. Lednická et al., 2006, Lednická, 2006, Lednická a Javůrková, 2006) byla vyvinuta nová metodika hodnocení seizmického zatížení, která zohledňuje velký počet důlně indukovaných seizmických jevů a zvláště počtu jevů intenzivních (Kaláb 2007). Základním významem tvorby map střetů zájmů je připravit mapové podklady, které poskytují rychlou informaci o charakteru a velikosti seizmického zatížení ve zpracované oblasti z pohledu posuzovaných stavebních objektů.

Důlně indukovaná seizmicita na Karvinsku

Průmyslová činnost a hlubinná těžba černého uhlí řadí karvinskou oblast z pohledu působení technické seizmicity k oblastem významně zatíženým. Jedná se především o projevy důlně indukované seizmicity. Jak již bylo naznačeno výše, posledně jmenovaná seizmicita se vyznačuje velkým počtem vznikajících jevů a stejně je tomu i na Karvinsku (např. Holečko et al., 2006). Každoročně je zaznamenáno seizmickými stanicemi dolů a stanicemi Seizmického polygonu OKD, DPB, a.s. v Paskově okolo 40-tisíc důlně indukovaných seizmických jevů, z toho počtu 100 až 500 jevů má hodnotu lokálního magnitudu stanovenou vyšší než 1,0. Jelikož je tato oblast poměrně hustě

¹ Ing., FAST VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 00 Ostrava-Poruba, (též Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Ostrava), marketa.lednicka@vsb.cz

osídlena, hodnocení účinků technické seizmicity se stává nedílnou součástí při posuzování stupně poškození stavebních objektů.

Nepřetržitě vyhodnocování důlně indukovaných seizmických jevů slouží pro sledování vývoje seizmické aktivity jednotlivých ker a dobývaných porubů. Sběr a interpretace seismologických dat ze všech seismologických stanic od 1.3.2002 probíhá ve společném interpretačním centru OKD, DPB, a.s. v Paskově (dále jen DPB). V tab. 1 jsou uvedeny roční počty důlně indukovaných seizmických jevů v závislosti na jejich energetické třídě pro období posledních sedmi let. Jak je zřejmé z uvedené tabulky, počty jevů v jednotlivých energetických skupinách klesají se vzrůstající hodnotou vyzářené seizmické energie. Počet jevů v daném období a jejich energeticko-četnostní rozdělení závisí mimo jiné na intenzitě dobývání v jednotlivých porubech. Po ukončení těžby se předpokládá, že seizmická aktivita bude přetrvávat ještě měsíce, či roky, dokud nedojde k dosažení rovnováhy napětí-o-deformačních stavů v těžbou narušeném masivu (např. Holub a Kaláb, 2004). Hodnocení účinků důlně indukované seizmicity není tedy pouze současným problémem, ale je nutno s tímto zatížením počítat také do budoucna.

Díky přístrojovému vybavení Seizmického polygonu a vývoji vlastního programového vybavení na DPB lze výsledky registrace využívat i ke stanovení seizmických účinků na povrchové objekty (stavby). Ze záznamů povrchových seismických stanic SP se určují hodnoty kmitání povrchu na stanicích a z nich se dále interpolují hodnoty maximálních pohybů kmitání na povrchu pro oblast uvnitř sítě Seizmického polygonu a v blízkém okolí. Nejpřesnější údaje jsou získávány pro oblasti v bezprostředním okolí seismických stanic, ve větších vzdálenostech mohou změny horninového prostředí (zejména geologické a hydrogeologické poměry v místě pozorování) způsobit, že skutečné pohyby povrchu mohou být odlišné od interpolovaných hodnot (např. Holečko et al., 2006).

Tab.1 Počty důlně indukovaných seizmických jevů zaznamenaných stanicemi důlní sítě v letech 2000 – 2006 (podle Holečko et al., 2007).

| Počet důlně indukovaných seizmických jevů | | | | | | | | |
|---|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| rok | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| Energetická třída (J) | 10^4 | 186 | 180 | 282 | 294 | 330 | 312 | 278 |
| | 10^5 | 5 | 18 | 38 | 38 | 31 | 39 | 42 |
| | 10^6 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 5 | 6 |
| | 10^7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10^8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Metodologie

Mapy „střetů zájmů“ mají poskytovat informaci o konfrontaci mezi údaji, které se týkají seizmického zatížení, a údaji o stavebních objektech, přičemž obojí je vztaženo ke konkrétnímu místu v určitém časovém období. Informace o celkovém seizmickém zatížení zájmové oblasti, tedy druhu zatížení a jeho velikosti, je jedním z hlavních výstupů těchto map. Metodika pro prezentaci jednotlivých druhů seizmického zatížení v mapových podkladech je postupně vyvíjena. Vzhledem k proměnlivosti seizmického zatížení se příslušné tématické vrstvy vztahují k určitému časovému období.

Nový přístup k hodnocení účinků zatížení stavebního objektu důlně indukovanou seizmicitou v mapách „střetů zájmů“ spočívá v zohlednění velkého počtu jevů oproti hodnocení podle maximální naměřené rychlosti kmitání dle ČSN 730040. Vyvinutý metodický postup a stanovené empirické koeficienty vychází z charakteru důlně indukované seizmicity na Karvinsku (Kaláb, 2007) a z výše zmíněné normy pro hodnocení účinků technické seizmicity na stavební objekty. Výsledkem je tzv.

„přepočtená hodnota rychlosti kmitání v daném bodě v daném období“, a to jak složkové hodnoty, tak i prostorová složka (přestože ta se v normě neuvažuje).

Princip výpočtu

Vstupní data pro výpočet přepočtené hodnoty rychlosti kmitání tvoří všechny zaznamenané seizmické jevy v daném období, u nichž byla alespoň na jedné složce překročena hodnota rychlosti kmitání **0,5 mm.s⁻¹**. Délka analyzovaného období je **12 měsíců**.

Přepočtená hodnota rychlosti kmitání v daném bodě v daném období $\mathbf{x_T}$ / $\mathbf{u_T}$, $\mathbf{v_T}$, $\mathbf{w_T}$ (prostorová složka / jednotlivé složky ve třech vzájemně kolmých směrech) je funkcí násobných koeficientů \mathbf{C} a maximální naměřené rychlosti kmitání na povrchu za daný čas.

$$\mathbf{x_T} = \mathbf{x_{max}} * \mathbf{C_N} * \mathbf{C_M}$$

$$\mathbf{u_T} = \mathbf{u_{max}} * \mathbf{C_N} * \mathbf{C_M}$$

$$\mathbf{v_T} = \mathbf{v_{max}} * \mathbf{C_N} * \mathbf{C_M}$$

$$\mathbf{w_T} = \mathbf{w_{max}} * \mathbf{C_N} * \mathbf{C_M}$$

$\mathbf{x_{max}}$... maximální vypočtená hodnota prostorové složky rychlosti kmitání za daný čas T

$\mathbf{u_{max}}$, $\mathbf{v_{max}}$, $\mathbf{w_{max}}$... maximální hodnoty rychlosti kmitání jednotlivých složek za daný čas T

$\mathbf{C_N}$... koeficient zohledňující počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T

$\mathbf{C_M}$... koeficient zohledňující počet zaznamenaných intenzivních seizmických jevů za daný čas T

Koeficient $\mathbf{C_M}$ je dán součinem dílčích koeficientů :

$$\mathbf{C_M} = \mathbf{C_{M0}} * \mathbf{C_{M1}} * \mathbf{C_{M2}}$$

$\mathbf{C_{M0}}$... dílčí koeficient zohledňující počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou v rozmezí **3 – 6 mm.s⁻¹**

$\mathbf{C_{M1}}$... dílčí koeficient zohledňující počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou v rozmezí **6 – 10 mm.s⁻¹**

$\mathbf{C_{M2}}$... dílčí koeficient zohledňující počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou nad **10 mm.s⁻¹**

Hodnoty dílčích koeficientů byly stanoveny na základě specifických okrajových podmínek, které vycházejí z charakteru seizmického zatížení zvolené oblasti Karvinska (okrajové podmínky a odvození vztahů uvádí Kaláb, 2007). Výsledné hodnoty násobných koeficientů jsou dány těmito vztahy:

$$\mathbf{C_N} = \mathbf{arctg} [(\mathbf{N-200})/100] + \mathbf{1,1005}$$

$$\mathbf{C_{M0}} = \mathbf{0,0204} * \mathbf{ln} (\mathbf{N_0}) + \mathbf{1,0126}$$

$$\mathbf{C_{M1}} = \mathbf{0,0254} * \mathbf{ln} (\mathbf{N_1}) + \mathbf{1,0361}$$

$$\mathbf{C_{M2}} = \mathbf{0,039} * \mathbf{ln} (\mathbf{N_2}) + \mathbf{1,071}$$

\mathbf{N} ... celkový počet zaznamenaných seizmických jevů s hodnotou rychlosti kmitání alespoň na jedné složce **> 0,5 mm.s⁻¹** za daný čas T

$\mathbf{N_0}$... počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou v rozmezí **3 – 6 mm.s⁻¹**

$\mathbf{N_1}$... počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou v rozmezí **6 – 10 mm.s⁻¹**

$\mathbf{N_2}$... počet zaznamenaných seizmických jevů za daný čas T s maximální hodnotou nad **10 mm.s⁻¹**

Typy vstupních dat pro výpočet

Před provedením výpočtu podle výše uvedené metodiky je třeba nejprve sestavit množinu vstupních dat, kterou tvoří hodnoty rychlostí kmitání v daném bodě na povrchu v období **12-ti měsíců**, přičemž minimálně jedna ze tří složek musí přesahovat **$0,5 \text{ mm.s}^{-1}$** .

Pro sestavení množiny lze použít následující typy vstupních dat:

- 1) maximální amplitudy rychlosti kmitání převzaté z map isolinií maximálních rychlostí kmitání důlně indukovaných seizmických jevů na povrchu
- 2) maximální amplitudy rychlosti kmitání odvozené z charakteristik jednotlivých důlně indukovaných seizmických jevů (lokace, seizmická energie, vzdálenost, útlum, ...) na povrchu
- 3) maximální amplitudy rychlosti kmitání naměřené na povrchu v daném bodě

Uvedené typy vstupních dat se navzájem liší způsobem získání hodnot rychlostí kmitání a také jejich uplatnění ve výstupech „map střetů zájmů“ bude rozdílné.

První typ vstupních dat představuje hodnoty rychlostí kmitání odvozené z map isolinií, přičemž hodnotu rychlosti kmitání na povrchu je možno z mapy odečíst v kterémkoli bodě. Tato skutečnost umožňuje plošné využití této informace o seizmickém zatížení dané oblasti a její zpracování v prostředí GIS. Pro oblast Karvinska zpracovává DPB mapy isolinií pro důlně indukované jevy, jejichž vyzářená seizmická energie je větší než 10^4 J . Pro stanovení přepočtené hodnoty rychlosti kmitání v daném bodě podle uvedené metodiky je nutný soubor map isolinií všech důlně indukovaných jevů v období 12-ti měsíců.

Druhý typ vstupních dat tvoří hodnoty rychlostí kmitání, které je nutné vypočítat pro vybrané důlně indukované jevy na základě znalosti jejich parametrů (lokace, seizmická energie, vzdálenost, útlum, vlastnosti geologického prostředí, ...). Všechny tyto informace je nutné zpětně dohledat, analyzovat a provést výpočet. Kromě toho řada informací k provedení dostatečně přesného výpočtu nemusí být k dispozici. Tento typ vstupních dat se jeví jako značně časově náročný ke zpracování a z hlediska použití v „mapách střetů zájmů“ nerealizovatelný.

Třetím typem vstupních dat jsou maximální amplitudy rychlosti kmitání naměřené na povrchu v daném bodě. Tato informace o seizmickém zatížení daného místa je ze všech tří typů vstupních dat nejpravdivější, bohužel pro účely zobrazení seizmického zatížení v „mapách střetů zájmů“ nedostačující, neboť dostáváme informaci o zatížení pouze konkrétního stavebního objektu, případně jeho nejbližšího okolí.

Vstupní data pro testovací výpočty

Pro testovací výpočty a ověření vytvořené metodiky byl použit třetí typ vstupních dat. Vstupní data tvoří maximální amplitudy rychlostí kmitání naměřené na povrchu na dvou vybraných seizmických stanicích provozovaných Ústavem geoniky AVČR, v.v.i. (dále ÚGN). První stanoviště je v budově Městského úřadu ve Stonavě (označení STO 1), její registrace byla zahájena v lednu 2000 a s malými přestávkami pracuje dodnes. Druhá použitá data pochází ze stanice umístěné v budově Městského úřadu v Doubravě (DOU 1), stanice byla v provozu od května 2000 do května 2006. Na obou stanicích je k záznamu dat použita seizmická třísložková digitální aparatura, verze PCM3-EPC2, která byla vyvinuta na ÚGN (Knejzlík a Kaláb, 2002). Dva jednosložkové seizmometry SM3 jsou orientovány do geografických směrů, třetí seizmometr registruje složku svislou. Záznam dat je realizován ve spouštěném režimu na principu překročení přednastavené spouštěcí úrovně rychlosti kmitání. Celkové množství zaznamenaných jevů závisí tedy mj. na přednastavené spouštěcí úrovni aparatury. V obdobích zvýšeného seizmického neklidu v okolí stanice (např. stavební úpravy, rekonstrukce vozovky, ...) byla spouštěcí úroveň dočasně zvyšována kvůli nežádoucím záznamům seizmického neklidu. Přesto je soubor naměřených dat dostatečně homogenní a vhodný pro sestavení výběrového souboru vstupních dat k ověření metodiky (spouštěcí úroveň nepesáhla po dobu registrace limitní hodnotu rychlosti kmitání pro výběr vstupních dat $0,5 \text{ mm.s}^{-1}$).

Analyzováno bylo celkem devět výběrových souborů vstupních dat – ze stanice STO 1 od roku 2002 do roku 2006 a ze stanice DOU 1 od roku 2002 do roku 2005. V tab. 2 je uveden souhrn vstupních dat z obou stanic pro jednotlivá roční období. Na obr. 1, kde je příklad množiny vstupních dat pro rok 2004 na stanici Doubrava, můžeme vidět, jak se mění četnost seizmických jevů v průběhu roku.

Tab.2 počty jevů a maximální amplitudy rychlosti kmitání naměřené na stanicích STO 1 a DOU 1 pro vybraná časová období (2002 – 2006).

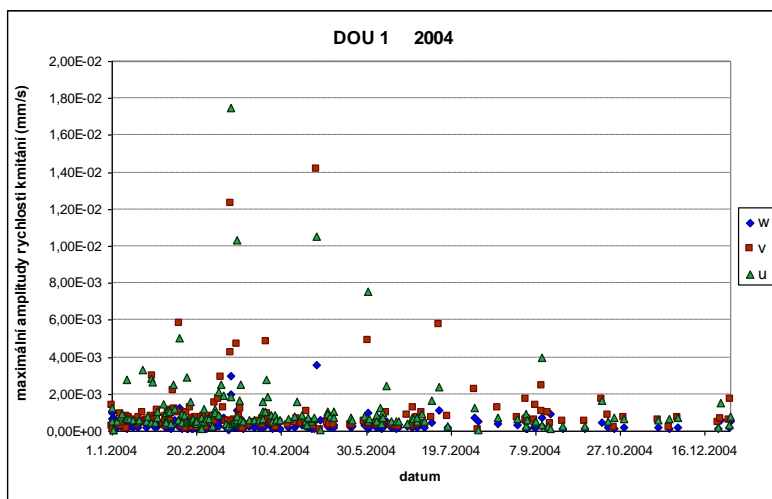
| STO 1 | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|
| rok | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| N | 17 | 21 | 52 | 88 | 129 |
| x_{max} | 7,60 | 4,97 | 4,47 | 9,37 | 8,47 |
| u_{max} | 6,12 | 1,81 | 4,09 | 7,50 | 7,61 |
| v_{max} | 4,29 | 4,68 | 3,12 | 3,52 | 4,39 |
| w_{max} | 1,39 | 0,83 | 1,37 | 4,37 | 3,02 |

| DOU 1 | | | | |
|-----------|------|---------|---------|---------|
| rok | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| N | 47 | 48 | 161 | 43 |
| x_{max} | 5,84 | 10,7668 | 21,6009 | 18,9313 |
| u_{max} | 4,38 | 10,4 | 17,5 | 17,40 |
| v_{max} | 3,37 | 4,9 | 14,2 | 7,16 |
| w_{max} | 1,88 | 1,27 | 3,59 | 2,09 |

N ... celkový počet zaznamenaných seizmických jevů s hodnotou rychlosti kmitání alespoň na jedné složce $> 0,5 \text{ mm.s}^{-1}$ za daný čas T (v daném roce)

x_{max} ... maximální vypočtená hodnota prostorové složky rychlosti kmitání za daný čas T

u_{max} , v_{max} , w_{max} ... maximální hodnoty rychlosti kmitání jednotlivých složek za daný čas T



Obr.1 Příklad množiny vstupních dat pro rok 2004 na stanici Doubrava (maximální složkové amplitudy rychlosti kmitání: w – svislá, v – N-S, u – E-W).

Výpočet a zhodnocení výsledků

Přepočtená hodnota rychlosti kmitání v daném bodě v daném období byla stanovena pro všech devět období na základě uvedené metodiky. Příklad výpočtu pro dvě vybrané množiny je uveden v tab. 3 (STO 1 – 2006 a DOU 1 – 2004). Konečné výsledky přepočtu maximální rychlosti kmitání pro všech devět období a odpovídající násobné koeficienty jsou uvedeny v tab. 4.

Tab.3 Příklad výpočtu přepočtené hodnoty rychlosti kmitání pro rok 2006 na stanici STO 1 a pro rok 2004 na stanici DOU 1 (symboly vysvětleny výše v textu).

| STO1 2006 | | | | |
|------------------|------------|---------------------|-------------|--------------|
| | w | v | u | x |
| N ₀ | 1 | 2 | 14 | 11 |
| N ₁ | 0 | 0 | 2 | 7 |
| N ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C _{M0} | 1,0126 | 1,0267 | 1,0664 | 1,0615 |
| C _{M1} | 1 | 1 | 1,0537 | 1,0855 |
| C _{M2} | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C _M | 1,0126 | 1,0267 | 1,1237 | 1,1523 |
| N | 129 | | | |
| C _N | 1,0444 | | | |
| w _{max} | 3,02 | mm. s ⁻¹ | | |
| w _T | 3,2 | | | |
| v _{max} | | 4,39 | | |
| v _T | | 4,71 | | |
| u _{max} | | | 7,61 | |
| u _T | | | 8,93 | |
| x _{max} | | | | 8,47 |
| x _T | | | | 10,19 |

| DOU1 2004 | | | | |
|------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|
| | w | v | u | x |
| N ₀ | 2 | 6 | 3 | 9 |
| N ₁ | 0 | 0 | 1 | 3 |
| N ₂ | 0 | 2 | 3 | 3 |
| C _{M0} | 1,0267 | 1,0492 | 1,0350 | 1,0574 |
| C _{M1} | 1 | 1 | 1,0361 | 1,064 |
| C _{M2} | 1 | 1,0980 | 1,1138 | 1,11385 |
| C _M | 1,0267 | 1,1520 | 1,1945 | 1,2532 |
| N | 161 | | | |
| C _N | 1,0667 | | | |
| w _{max} | 3,59 | mm. s ⁻¹ | | |
| w _T | 3,93 | | | |
| v _{max} | | 14,20 | | |
| v _T | | 17,45 | | |
| u _{max} | | | 17,50 | |
| u _T | | | 22,30 | |
| x _{max} | | | | 21,60 |
| x _T | | | | 28,88 |

Tab.4 Výsledné hodnoty provedeného výpočtu na stanicích STO 1 a DOU 1 pro analyzovaná období (symboly vysvětleny výše v textu).

| STO 1 | | | | | | |
|-------|--|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
| w | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 0/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/0/0 | 1/0/0 |
| | N | 17 | 21 | 52 | 88 | 129 |
| | w _{max} | 1,39 | 0,83 | 1,37 | 4,37 | 3,02 |
| | w _T | 1,39 | 0,83 | 1,39 | 4,53 | 3,20 |
| | C _N *C _M | 1,003 | 1,004 | 1,012 | 1,037 | 1,058 |
| v | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 1/0/0 | 2/0/0 | 1/0/0 | 1/0/0 | 2/0/0 |
| | N | 17 | 21 | 52 | 88 | 129 |
| | v _{max} | 4,29 | 4,68 | 3,12 | 3,52 | 4,39 |
| | v _T | 4,36 | 4,82 | 3,20 | 3,65 | 4,71 |
| | C _N *C _M | 1,016 | 1,031 | 1,024 | 1,037 | 1,072 |
| u | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 0/1/0 | 0/0/0 | 4/0/0 | 2/2/0 | 14/2/0 |
| | N | 17 | 21 | 52 | 88 | 129 |
| | u _{max} | 6,12 | 1,81 | 4,09 | 7,50 | 7,61 |
| | u _T | 6,36 | 1,82 | 4,31 | 8,31 | 8,93 |
| | C _N *C _M | 1,039 | 1,004 | 1,053 | 1,108 | 1,174 |
| x | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 0/1/0 | 2/0/0 | 5/0/0 | 4/2/0 | 11/7/0 |
| | N | 17 | 21 | 52 | 88 | 129 |
| | x _{max} | 7,60 | 4,97 | 4,47 | 9,37 | 8,47 |
| | x _T | 7,90 | 5,13 | 4,73 | 10,52 | 10,19 |
| | C _N *C _M | 1,039 | 1,031 | 1,058 | 1,123 | 1,203 |

| DOU 1 | | | | | |
|-------|--|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| w | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 0/0/0 | 0/0/0 | 2/0/0 | 0/0/0 |
| | N | 47 | 48 | 161 | 43 |
| | w _{max} | 1,88 | 1,27 | 3,59 | 2,09 |
| | w _T | 1,90 | 1,28 | 3,93 | 2,11 |
| | C _N *C _M | 1,010 | 1,011 | 1,095 | 1,009 |
| v | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 1/0/0 | 1/0/0 | 6/0/2 | 3/1/0 |
| | N | 47 | 48 | 161 | 43 |
| | v _{max} | 3,37 | 4,90 | 14,20 | 7,16 |
| | v _T | 3,45 | 5,01 | 17,45 | 7,75 |
| | C _N *C _M | 1,023 | 1,023 | 1,229 | 1,082 |
| u | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 1/0/0 | 3/0/1 | 3/1/3 | 1/2/2 |
| | N | 47 | 48 | 161 | 43 |
| | u _{max} | 4,38 | 10,4 | 17,50 | 17,40 |
| | u _T | 4,48 | 11,65 | 22,30 | 20,6 |
| | C _N *C _M | 1,023 | 1,120 | 1,274 | 1,182 |
| x | N ₀ /N ₁ /N ₂ | 2/0/0 | 4/0/1 | 9/3/3 | 2/3/2 |
| | N | 47 | 48 | 161 | 43 |
| | x _{max} | 5,84 | 10,77 | 21,60 | 18,93 |
| | x _T | 6,06 | 12,13 | 28,88 | 22,92 |
| | C _N *C _M | 1,037 | 1,127 | 1,337 | 1,211 |

Hodnoty násobných koeficientů $C_N * C_M$ v období 2002, 2003 a 2004 na stanici STO 1 a v roce 2002 na stanici DOU 1 jsou téměř rovny 1, z čehož plyne, že přepočtené rychlosti kmitání se významně neliší od naměřených hodnot maximálních rychlostí kmitání. Je to způsobeno menším počtem jevů ve vstupní množině dat a také malým počtem jevů intenzivních. Oproti tomu v letech 2005 a 2006 na stanici STO 1 a v letech 2003 – 2005 na stanici DOU 1 počet všech jevů i jevů intenzivnějších vzrostl, což se projevilo na nárůstu hodnoty násobných koeficientů až na 1,34 (pro DOU 1, 2004, složka x) a maximální rozdíl mezi přepočtenou hodnotou a naměřenou hodnotou rychlosti kmitání činí $7,28 \text{ mm.s}^{-1}$ (nárůst z $21,60$ na $28,88 \text{ mm.s}^{-1}$).

Navýšení hodnoty rychlosti kmitání přepočítáním podle uvedené metodiky se může v určitých případech projevit zařazením stavebního objektu do vyššího stupně poškození. Lze to uvést na následujícím příkladu: Budeme-li posuzovat historický objekt (stavební objekt třídy odolnosti A) v nejméně příznivých základových poměrech (kategorie a), pak pro důlně indukovanou seizmicitu (s převládající frekvencí vibrací do 10 Hz) dostáváme následující limitní hodnoty pro zařazení objektu (dle ČSN 730040):

| | |
|---|----------------------------|
| stupeň poškození 0 ... maximální rychlost kmitání | 3 – 6 mm.s^{-1} |
| stupeň poškození 1 ... maximální rychlost kmitání | 6 – 10 mm.s^{-1} |
| stupeň poškození 2 ... maximální rychlost kmitání | 10 - 20 mm.s^{-1} |

Pro posouzení použijeme hodnoty z provedeného výpočtu pro stanici DOU 1, rok 2004, složka u (E-W). Naměřená maximální rychlost kmitání $u = 17,5 \text{ mm.s}^{-1}$ v posuzovaném období odpovídá stupni poškození objektu 2, tzn. trhliny do šířky 5 mm v omítce, opadávání omítky, uvolnění krytiny, ... V případě, že k posouzení použijeme přepočtenou hodnotu $u_T = 22,3 \text{ mm.s}^{-1}$, potom z tabulky pro hodnocení poškození objektu vyplývá stupeň poškození 3, tzn. trhliny širší než 5 mm v příčkách i nosných zdech, opadávání krytiny a částí komínů, stabilita však není ohrožena.

Závěr

V rámci projektu CIDEAS je vytvářena metodika pro tvorbu map střetů zájmů, které mají poskytovat obecné informace o charakteru seizmického zatížení stavebních objektů ve zvolené oblasti (např. Lednická a Javůrková, 2006, Lednická a kol., 2006, Kaláb, 2007). Jednotlivé vrstvy, například v prostředí GIS, představují prezentaci zvoleného parametru. Metodika zpracování seizmického zatížení stavebních konstrukcí vychází především z údajů a požadavků současných českých norem (ČSN 73 0036 Seismická zatížení staveb; ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva). Jedním ze specifíků důlně indukované seizmicity je velký počet seizmických jevů. Současná norma pro posuzování účinků technické seizmicity tuto skutečnost nezohledňuje.

Jak bylo potvrzeno prvními výpočty, nově vytvořená představená metodika pro hodnocení důlně indukované seizmicity umožňuje vytvoření mapové vrstvy, v níž je velký počet těchto seizmických jevů zohledněn. K tomu je využito přepočítání maximální naměřené hodnoty rychlosti kmitání podle charakteru důlně indukovaného seizmického zatížení v daném časovém období, tj. celkový počet vzniklých jevů a počet intenzivních jevů. Pro širší využití v praxi by bylo nezbytné provést analýzu charakteristických stavebních objektů a jejich opakované pasportizace při dlouhodobém seizmickém zatížení. Experimentální zpracování takového typu lze nalézt například v Wasti a Ozcebe – eds. (2003) nebo Wodyňki a Lasocki (2004).

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001.

Literatura

- [1] Roční zprávy OKD, DPB Paskov, nepublikováno, 2002 – 2006.
- [2] ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva.

- [3] Holečko, J., Kaláb, Z., Knejzlík, J. & Ptáček, J. (2006): Rychlost kmitání povrchu v karvinské části hornoslezské pánve. Uhlí – Rudy – Geologický průzkum, č.2/2006, 34-39.
- [4] Holečko, J., Mořkovská, E. & Suchánek, E. (2007): Indukovaná seismicitá v OKR. In: Koniček, P. a Dvorský, P. (eds): 1. tradiční geomechanické a geofyzikální kolokvium 2007. Sborník příspěvků, OKD, DPB, a.s., Paskov, 98-107.
- [5] Holub, K. & Kaláb, Z. (2004): Seismická aktivita v období útlumu a po uzavření dolů v OKR. Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební), 13. Regionální konference Rozvoj seismologie, inženýrské geofyziky a geotechniky, roč. IV, č.2/2004, 115-123.
- [6] Kaláb, Z. (2007): Evaluation of load on structures cause by mining seismicity for maps of clash of opinions – methodology. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej Nr kol. 1751, Seria: Górnictwo z. 276, 33-42.
- [7] Kaláb, Z. & Knejzlík, J. (2002): Systematic Measurement and Preliminary Evaluation of Seismic Vibrations Provoked by Mining Induced Seismicity in Karviná Area. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., Vol. M-24(340), 95-103.
- [8] Knejzlík, J. & Kaláb, Z. (2002): Seismic Recording Apparatus PCM3-EPC. Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-24(340), 187-194.
- [9] Konečný, P., Velička, V., Šňupárek, R., Takla, G. & Ptáček, J. (2003): Rockbursts in the Period of Mining Activity Reduction in Ostrava – Karviná Coalfield. ISRM 2003 – Technology Roadmap for Rock Mechanics, Proceedings, South African Institute of Mining and Metalurgy.
- [10] Lednická, M. & Javůrková, M. (2006): Využití technologie GIS pro stanovení seizmického zatížení stavebních objektů, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, roč. VI, č.2/2006, 205-212.
- [11] Lednická, M., Luňáčková, B., Kaláb, Z., Hrubešová, E. & Kořínek, R. (2006): Contribution to evaluation of technical seismicity effect on buildings - case study, Earth Sci. Res. J. Vol. 10, No. 1, Colombia, 7-14.
- [12] Lednická, M. (2006): Classification of buildings and structures for elaboration of maps of clash of opinions, Ph.D. Workshop 2006 - Proceedings, Ostrava, 31-34.
- [13] Wasti, S.T. & Ozcebe, G. – eds. (2003): Seismic Assesment and Rehabilitation of Existing Buildings. Proceedings of the NATO Science for Peace Workshop on SAREB, Izmit, Turkey, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [14] Wodyński, A. & Lasocki, S. (2004): Assessment of Mining Tremor Influence on the Technical Wear of Building. Acta Geodynamica et Geomaterialia. Ser. A and Ser. B, Vol. 1, No. 2, s. 187–194.